第2節

ナノテク・材料のビジネス戦略

まえがき

「鉄の10倍の強度でわずかの重さの材料」「国会図書館の情報すべてを角砂糖サイズのデバイスに収納」「癌細胞を細胞数個程度の段階で検知」

クリントン前大統領は，2001年1月21日，カリフォルニア工科大学における演説で，ナノテクノロジーにより達成すべき上記の具体的な目標を示し，世界に先駆けた国家プロジェクトとしての国家ナノテクノロジー戦略（National Nanotechnology Initiative；NNI）をスタートさせた。

クリントン演説は「これらの実現には，20年あるいはそれ以上かかるかもしれない。それだけに，連邦政府が取り組むべき重要な役割である」[1]と指摘し，連邦政府がナノテクノロジーの研究開発にイニシアティブを発揮するという強い決意を示している。

このアメリカのNNIをいわば“黒船”として，わが国においても遅ればせながら，ナノテクビジネスへの関心が高まりをみせた。政府は，2002年12月『「産業発掘戦略－技術革新」4分野に関する戦略』を発表し，ナノテクノロジー・材料分野を「国際市場で競争力を有する将来のわが国の主要産業に育てていくことが重要である」と指摘するとともに，ナノテク関連産業の国内市場規模は，2010年には20～26兆円に達すると予測している。また，日本経済団体連合会は，2002年11月に発表した提言『ナノテクが創る新産業－n-Plan2002』の中で，「ナノテクノロジーに関する優れた研究成果を発掘し，産業につなげていくための取組みが重要である」と述べ，産業界としてナノテク産業化への取組みの強化を提言した。

本節では，わが国においてナノテクビジネスが注目される背景，ナノテク関連市場を概観したうえで，ナノテク・材料ビジネスを念頭に，ナノテクビジネスの課題について論じる。そのうえで，ナノテク産業化の方向性と求められる公的セクターの役割について指摘する。
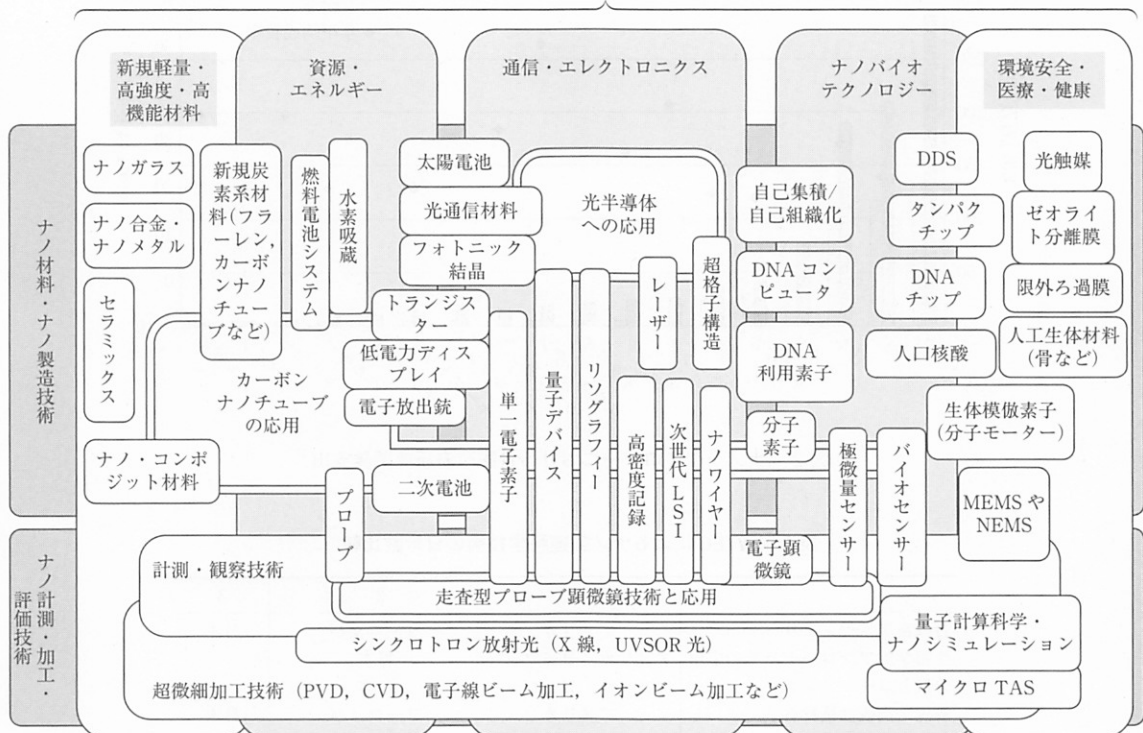
図1　ナノテクノロジーの応用に関する特許出願技術動向[3]

1. ナノテクビジネスが注目される背景

わが国で，新たな産業創出の起爆剤としてナノテクノロジーが注目される理由は，大きく2つある。第1に「ナノテクノロジーは基盤技術であるがゆえに，広範な分野で次世代の産業や社会に大きな影響を与える」[2] 点である。

ナノテクノロジーは，材料，バイオテクノロジー，エレクトロニクス，環境・エネルギーの各分野を変革する基幹技術として分野を超えて関わり合い，これらの技術を強化する役割を担う。ナノテクノロジーを駆使することで，こうした各分野において，革新的な製品やデバイスの創出が期待されている（**図1**）[3]。

すでに30カ国以上の国々が，ナノテクノロジーに関する国家レベルの研究開発プログラムを策定しており，近年，各国政府の研究開発支出の伸びは著しい。例えばアメリカでは1997年には1億240万ドルだった政府の研究開発支出が2000年には2億9300万ドルに増加している。またEUでは1997年から2000年にかけて1億1440万ドルから2億1050万ドルに増加，わが国では9350万ドルから1億8990万ドルに増加している（**図2**）[4]。

第2に，ナノテクノロジーの研究開発において，わが国が，国際的にみて比較優位にあると認識されている点である。経済団体連合会（経団連）[2] は「この10年来，ナノメートルという原子，分子レベルの微細な世界の技術を扱うナノテクノロジーの基礎的研究開発を進めており，その水準は世界のトップレベルにある」と指摘している。

ただ，こうしたナノテクノロジーにおけるわが国の優位性を世界に知らしめたのも，残念ながらアメリカであった。世界技術評価センター（World Technology Evaluation Center；WTEC）が，1999年9月にホワイトハウスに提出した報告書（Nanostructure Science and Technology）において，日本はデバイス，複合材料で，欧米を抑えて首位となっているとした（**表1**）[5]。

この報告書は，WTECの調査チームが，日米欧のナノテク関連研究機関を直接訪問し，アメリカ，ヨーロッパ，日本のナノテク研究レベルの現状を336頁に及ぶ報告書としてまとめたものである。ナノテクノロジーにおいては，アメリカが圧倒的優位
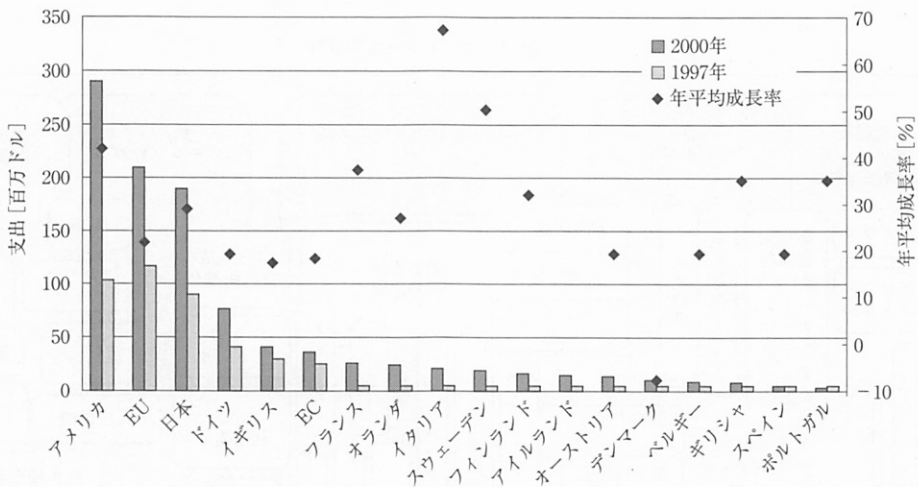
図2　ナノテクノロジーにおける各国政府研究開発支出[4]

表1　WTECによるナノ関連科学技術の日米欧比較[5]

	1	2	3
合成＆アッセンブリー	アメリカ	ヨーロッパ	日本
生物学的アプローチ＆その応用	アメリカ，ヨーロッパ	日本	
分散とコーティング	アメリカ，ヨーロッパ	日本	
触媒・高表面積材料	アメリカ	ヨーロッパ	日本
ナノデバイス	日本	ヨーロッパ	アメリカ
複合材料	日本	アメリカ，ヨーロッパ	
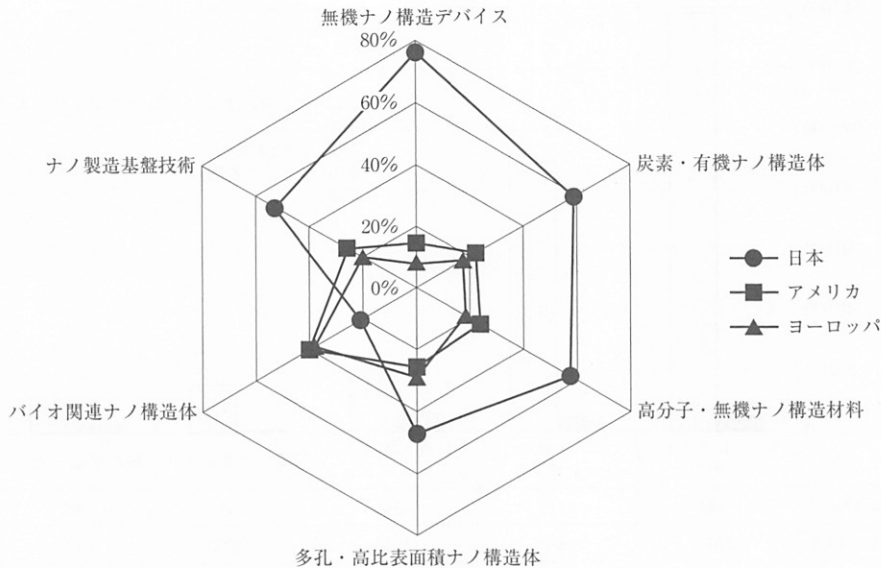
図3　ナノ構造材料技術テーマ別特許出願人割合[6)]

な状況ではないとするこの報告書は，NNI策定の根拠となった。

図3[6)]は，ナノ構造材料技術をテーマ別にみた日米欧の特許出願人割合を示している。特許の出願人割合の高低は，直接，研究レベルの優位性を示すものではないが，「バイオ関連ナノ構造体」を除き，少なくとも割合のうえでは，わが国は欧米を上回る状況となっている。

ナノテク・材料領域の産業化，ビジネス化でみると，わが国は，欧米と遜色のない基礎研究レベルを有していることがわかる。

2. ナノテクビジネス市場

ナノテクビジネス市場予測にはさまざまな試算があるが，経団連は2010年には27.3兆円の市場規模になると予測している。また，三菱総合研究所と日本経済新聞社は，2010年に19.1兆円と予測している(**図4**)[7)]。

詳細にみると，経団連の予測では，情報技術(IT)·エレクトロニクス関連，素材·化学などの分野の伸びが大きく，2010年には両分野で計22兆7728億円と全体の83.3%を占める見通しとなっている。

また，三菱総合研究所と日本経済新聞社の予測でも，IT·エレクトロニクス分野主導の市場イメージとなっており，2010年での上位5分野として，超高密度記憶用磁気材料，半導体製造装置，光メモリー用材料，次世代超メモリー，マイクロマシンをあげており，16兆8858億円と全体の90%近くを占めている[7)](**図5**)。

なかでも，超高密度記憶材料をはじめエレクトロニクス関連の材料，部品，製造装置の市場規模の大きさが目を引く。これは，半導体集積回路の微細化などに関して，従来の削る，加工するという技術では，これ以上の微細化は，技術的にもコスト的にもそろそろ限界にきているためと考えられる。ナノレベルの原子・分子を積み上げて部品・製品をつくり上げる技術の確立によって，これまでの材料，部品に置き換わりうるものとして期待されている。

また，三菱総合研究所と日本経済新聞社が2004年に行った調査によると，ナノ医療（ナノメディシン）の領域における世界市場は，DDS（薬物伝達システム）だけで，2010年に6兆7500億円，2015年には9兆1億円と見込まれるなど，ナノテクノロジーとバイオテクノロジー，医療の融合領域は，エレクトロニクスに匹敵する有望市場と期待されている。

こうした将来の市場予測からは，ナノテク・材料ビジネスにおいては，その最終応用製品，すなわち出口戦略が重要であることがわかる。材料分野におけるわが国の基礎研究レベルの高さは競争優位の源泉となろうが，残念ながら，材料だけの市場規模は，それほど大きくない。IT・エレクトロニクス，バ

	ITエレクトロニクス	プロセスマテリアル	計測・加工・シミュレーション	環境・エネルギー	航空宇宙　など
■2005年	9144	4717	6282	1131	2287
□2010年	138649	89079	21311	15932	8325
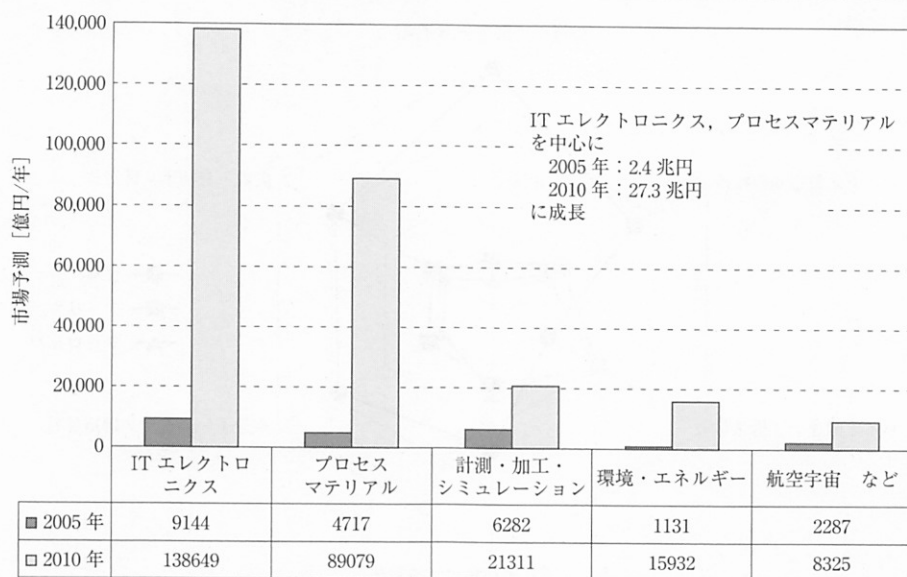
図4　経済団体連合会の市場予測[7)]
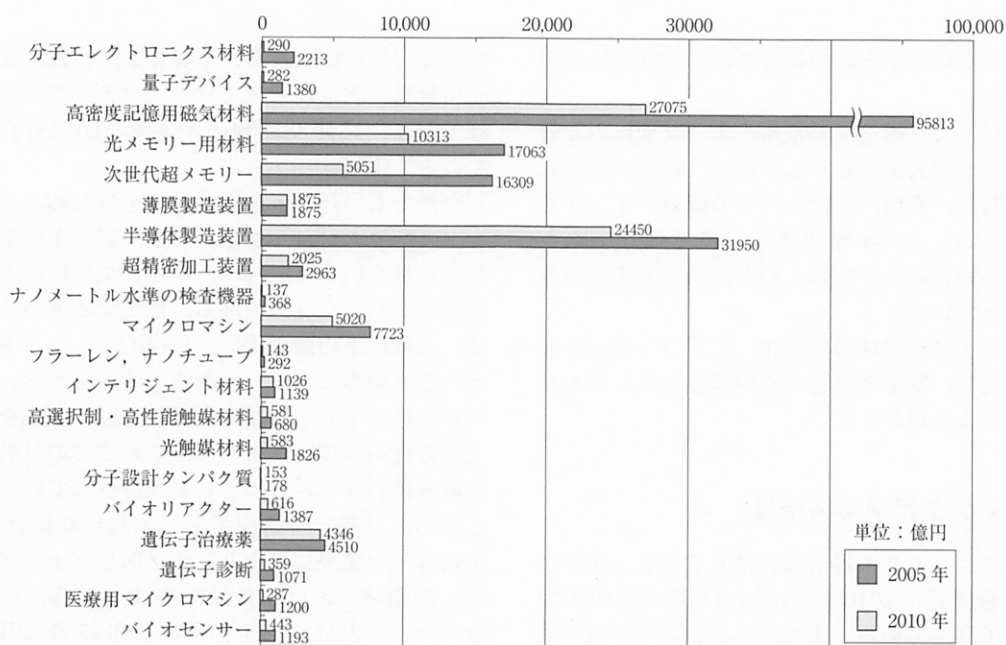
図5　三菱総合研究所と日本経済新聞社の共同調査[7)]

イオテクノロジーなど有望な最終応用製品，すなわち出口をイメージしたビジネス戦略が欠かせない。

3. ナノテクビジネスの課題

ナノテクビジネスに取り組む企業と製造業全般のそれぞれに，「技術が製品化につながらない要因」について質問した調査結果が**図6** [8～10)] である。

ナノテクノロジーが製品化につながらない要因として，「ビジョンの描出・需要のコンセプト化（58％）」「資金（42％）」「人材（35％）」「外部との連携（28％）」が上位を占めた。注目すべきは，ナノテクビジネスにおいては，製造業全般と比較して，「資金」が製造業全般（22％）のほぼ2倍，また「外
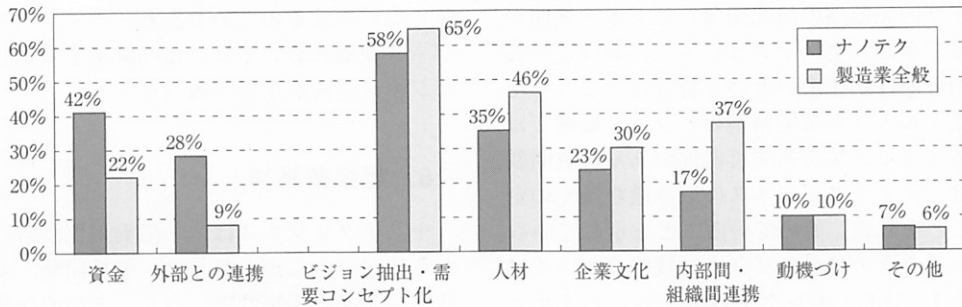
図6　技術が製品につながらない要因〔文献8)～10)のデータをもとに作成〕

部との連携」は，製造業全般(9％)の3倍となったことである。

ナノテクビジネスは，「資金」と「外部との連携」において，従来の一般的な製造業と大きく異なるビジネスであることが想定され，この2つの経営課題解決は，ナノテクビジネス成功の鍵と考えられる。

4. 財務マネジメント

4.1　「資金」の課題

ナノテクビジネスにおいて，なぜ「資金」が課題なのか。その背景には，他社に先駆け膨大な研究資金が必要とされ，かつ，継続的研究開発投資が必要というナノテクビジネスの特徴がある。

高価なナノレベルの計測機器が不可欠である点など，ナノテクノロジーの研究開発には，膨大な資金が必要であるが，ナノテクビジネスにおける資金面の困難さは，設備投資の大きさだけではない。

ナノテクノロジーなど先端技術をベースとしたビジネスでは，一定の激しい競争期間を経て，グローバル市場参画企業の中から独占的な地位を占める企業が出現することが多く，また，シェア下位の企業が利益を獲得できないといった状況が散見される。

「勝者がすべてを得る，しかも，先行者が勝者となる可能性が高い」という市場環境は，経営者の視点からみた場合，きわめてやっかいである。必要な投資資金は大きいにもかかわらず，その投資の是非を他社に先駆けて決断する必要がある。

第2に，ナノテクノロジーにおいては，今後種々の新しい技術の発見，発明が相継ぐ可能性が高い。これは，数少ない知的所有権にのみ依存して長期的に事業を持続できる可能性は低いことを意味している。ナノテクビジネスで持続的に事業を展開するためには，自社の競争力として有効に機能する知的所有権を継続的に補充しなければならず，そのための研究開発投資は，不可欠である。

4.2　ポートフォリオ，マイルストン管理

こうした「資金」のマネジメントには，研究開発案件，事業化案件ごとの「ポートフォリオ管理」と，一定の期間ごとに目標を定め，目標に著しく達していない場合は，当該分野の研究開発，事業化から撤退するなどの「マイルストン管理」が有効である。

研究開発案件，事業案件について，会社全体としてのポートフォリオを常に意識し，研究開発や事業化の優先順位を明確にしておく。そのうえで，一定期間ごとに，個別の研究開発案件，事業化案件の継続，撤退を検討する必要がある。

技術を曖昧にとらえている場合や最終応用製品，アプリケーション自体を抽象的にとらえている場合にも，見かけ上，最終応用製品は多く見えがちである。自社において研究開発を行う対象となる最終応用製品については，常にビジネスの視点でとらえなくてはならない。

ポートフォリオ，マイルストン管理にあたっては，研究者や技術者が研究開発案件のリストアップを行う場合，自らの取り組む技術を過信してしまいがちである。経営者，投資家としての視点が欠かせない。

5. 外部連携マネジメント

5.1　「外部連携」の課題

ナノテクビジネスにおいて，なぜ「外部連携」が課題か。ナノテクシーズは，最終応用製品の裾野が広いことが背景にある。自社の枠内の発想では，最終応用製品の開拓において十分とはいえない。また，技術主導のビジネス展開に陥りやすい。

わが国の企業においては，これまで自社完結ある

いはグループ内完結型の研究開発，ビジネス展開が主流となってきた。ナノテクビジネスにおける最終応用製品の可能性が幅広いという特質は，こうした自社またはグループ企業完結型のビジネス展開では，逆にビジネスチャンスを逃す可能性がある。質問票調査結果は，ナノテクビジネスに取り組む多くの企業がこのことを認識し始めていることを示している。

とくにナノテク・材料のビジネス戦略においては，最終市場としてIT・エレクトロニクス，バイオテクノロジーなどの出口イメージが重要である。材料のみでは，有望な技術シーズの事業規模拡大もままならない。異業種企業との知的連鎖のプロセスを経て，新たな製品イメージを醸成する必要があろう。

5.2 戦略的外部連携

外部との連携促進は重要であるが，連携それ自体が目的ではない。利益の源泉，ビジネスの鍵を自社で確保したうえで，外部連携を図る必要があることはいうまでもない。

例えば，積極的なナノテクビジネス展開で知られるわが国の大手総合商社の強みは，本来独自のネットワークと情報収集力，さらにはコーディネーション能力である。しかしながら，大手総合商社の中には，高いコーディネーション能力に依存せず，自ら研究開発に乗り出す，また，徹底した知的財産戦略を打ち出す商社が複数ある。こうした大手総合商社のビジネス戦略をみても，ナノテクビジネスの利益の源泉は，研究開発そのものであり，その結果としての知的財産にあることがわかる。外部との連携により，最終応用製品イメージ，市場ニーズを獲得する努力は欠かせないが，利益の源泉である研究開発，知的財産は，確実に自社で握る必要があろう。

ナノテク・材料ビジネスにおいては，バイオテクノロジー分野などと同様に，IT・エレクトロニクス分野と比べて，知的財産権により製品差別化が図りやすい。IT・エレクトロニクス分野においては，例えば，携帯電話1製品当りの知的財産権（特許など）数が1000を超すことなどからみても，少数の知的財産権に依存し，他社の市場参入を阻止することは難しい。このため，市場のライバル企業間による特許の相互開放の動きも広がっている。一方，バイオテクノロジー分野同様，材料分野においては，比較的少数の画期的な知的財産権の独占排他権によって，他社の市場参入を阻止することができる。実際，材料，バイオテクノロジー分野においては，市場のライバル企業間による特許の相互開放の動きが多くないのはそのためである。ナノテク・材料のビジネス戦略においては，知的財産を重視した戦略的ビジネス展開が重要であろう。

6. 起業家精神

ナノテクビジネスは，一部実用化段階に入りつつある状況にあるが，多くは，製品開発，すなわち最終応用製品の開拓段階にあり，本格的な産業化には，まだしばらく時間がかかる。この間，膨大な研究開発資金を捻出し，事業を維持発展させるマネジメントは困難を極める。

ナノテクビジネスに取り組む企業においては，将来的には，巨大市場である民生用の市場をターゲットとしながらも，現時点では，全世界の大学，研究所，研究機関を主な顧客として事業を行うところがある。ナノテクビジネスは，development（研究）to customer（顧客）ではなく，development（研究）to development（研究）が主流であるといわれるゆえんである。

こうした状況では，市場の変化に応じて，機敏にビジネスチャンスをとらえる機動力，すなわち起業家精神が問われることになる。

Drucker[11]は，起業家に求められるイノベーションの源泉として，①予期せぬ成功と失敗を利用する，②ギャップを探す，③ニーズを見つける，④産業構造の変化を知る，⑤人口構造の変化に着目する，⑥認識の変化をとらえる，⑦新しい知識を活用する，の7つを指摘している。ナノテクビジネスにおいては，チャンスを機敏にとらえてビジネスに結びつける機動性も求められる。

7. 公的セクターの果たすべき役割

ナノテクビジネスにおいては，資金，外部連携の課題解決に向けて「ポートフォリオ，マイルストン管理」「戦略的外部提携」「起業家精神」が有効であることを論じた。

こうした個々の企業におけるナノテクビジネス戦略の精緻化はもちろんだが，政府や経済界が期待するナノテクビジネスにおいてわが国が主導的な役割を担うためには，クリントン演説の例を待つまでもなく，公的セクターの果たすべき役割は大きい。

最後に，ナノテク産業化に向けて求められる公的セクターの役割として，① 公的資金の柔軟性向上，② 異分野，異業種の連携促進の2点について指摘

し，結びとかえる。

7.1　公的資金の柔軟性向上

資金面の問題は，アメリカでは先端科学技術事業化の最重要課題と認識されている。このため1980年代以降，製品開発段階の資金ギャップ解消を目的に，ATP（Advanced Technology Program）やSBIR（Small Business Innovation Research）などの中小企業を対象とした研究開発支援制度が導入された。

しかし「公的資金が提供された企業に対し，当該事業以外の有望事業への資金転用を認めるべきである」[12] との指摘があるように，時間の経過とともに刻々と変化するビジネス環境に柔軟に対応しなければならない企業にとって，アメリカの現状の公的資金は柔軟性が欠けているとの課題が論じられている。こうした公的資金の柔軟性の欠如に関しては，わが国においても同様の状況が散見される。公的資金の柔軟性の向上は，ナノテク産業化促進の観点から，改善されるべき主要な課題の一つである。

7.2　異分野，異業種の連携促進

従来の企業の枠を超えて，異業種企業などに対する試作品などの提供機会を通じた新たなキラーアプリケーションの発掘が，ナノテクビジネスに取り組む企業のコンセンサスとなりつつある。ナノテクビジネスに関する先行研究でも，ナノテクの製品開発には，学際的，分野横断的な取組みが求められると指摘している[13,14] など。

従来の学問，企業グループ，業界を超えた異分野，異業種との連携が，革新的な製品開発には欠かせない。公的セクターにおいては，異なる業界の企業が参加する研究開発プロジェクトを奨励優遇する，公的な研究施設の整備にあたっては異分野，異業種融合に資するものを優先するなどの施策が求められる。

参考・引用文献

1）National Science and Technology Council：Nanotechnology Initiative, p. 13（2000）：http://www.nano.gov/
2）経済団体連合会：21世紀を拓くナノテクノロジー－ナノテクノロジーに関する経団連の考え方,（2000）.
3）特許庁：ナノテクノロジーの応用に関する特許出願技術動向調査, p.2（2002）.
4）OECD：Science, Technology and Industry Scoreboard, OECD Publication Service, pp.44-45（2003）.
5）WTEC（World Technology Evaluation Center）：Nanostructure Science and Technology：R&D Status and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials and Nanodevices（1999）.：http://www.wtec.org/
6）特許庁：ナノ構造材料技術に関する技術動向調査, p.13（2001）.
7）総合科学技術会議ナノテクノロジー・材料プロジェクト：ナノテクノロジー・材料分野推進戦略プロジェクトとりまとめ－別添資料（2001）.
8）桐畑哲也 編著：ナノテク革命を勝ち抜く, 講談社, p.45（2005）.
9）㈶大阪科学技術センター・関西ナノテクノロジー推進会議：ナノテクノロジーが創る関西・日本（2004）.
10）井上隆一郎, 二瓶　正, 石川　健, 船曳　淳：デスバレー現象と産業再生, 三菱総合研究所所報, No.42,（2003）.
11）P. F. Drucker：Innovation and Entrepreneurship－Practice and Principles, HarperCollins, pp.35-36（1985）.
12）J. Lerner：When bureaucrats meet entrepreneurs：The design of effective public venture capital programs, M. B. Lewis, K. Morse, and M. Florida（eds.）, Managing Technical Risk, National Institute for Standard and Technology, US Department of Commerce, pp.80-93（2000）.
13）P. Bucher, B. Birkenmeier, H. Brodbeck, et al.："Management principles for evaluating and introducing disruptive technologies：the case of nanotechnology in Switzerland", R&D Management, No.33, pp.149-163（2003）.
14）J. Uldrich and D. Newberry：The Next Big Thing Is Really Small, Random House Business Books, Random House（2003）.
15）L. M. Branscomb and P. E. Auerswald：Taking Technical Risks：How Innovators, Executives, and Investors Manage High-Tech Risks, MIT Press（2001）.
16）G. Day and P. Schoemaker：Wharton on Managing Emerging Technologies, John Wiley & Sons Inc.（2000）.
17）桐畑哲也：ナノテクノロジー事業化とデスバレー現象, Japan Ventures Review, No.5, pp.73-80（2004）.

〈桐畑哲也〉